

# OPTICAL WAVELENGTH CONVERSION APPARATUS AND OPTICAL WAVELENGTH CONVERSION METHOD

Publication number: JP2004070338

Publication date: 2004-03-04

Inventor: FURUKAWA YUKIO; SAKATA HAJIME

Applicant: CANON KK

Classification:

- International: G02F1/37; G02F1/35; G02F1/355; G02F1/35; (IPC1-7): G02F1/37

- European: G02F1/35W3

Application number: JP20030272948 20030710

Priority number(s): JP20030272948 20030710; JP20020213355 20020723

Also published as:

US7039077 (B2)

US2004027648 (A1)

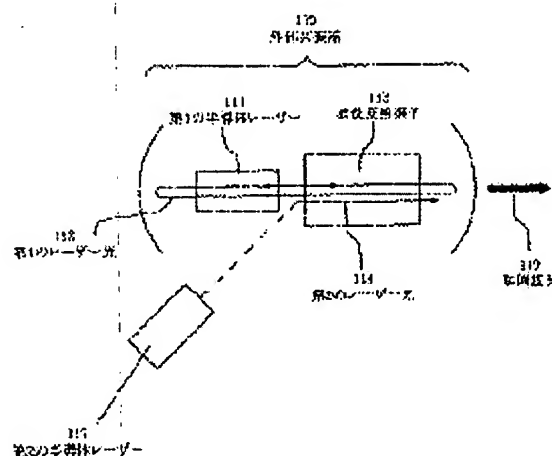
Report a data error here

## Abstract of JP2004070338

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical wavelength conversion apparatus capable of high-speed modulation with high conversion efficiency.

**SOLUTION:** The optical wavelength conversion apparatus has first and second semiconductor lasers 111, 117 and a wavelength conversion element 113 comprising a nonlinear optical material which converts first laser light 112 and second laser light 118 emitted from the lasers 111, 117 to sum frequency light 119. The first semiconductor laser 111 and the wavelength conversion element 113 are disposed to constitute an external resonator structure 115 by which the first laser light 112 becomes a resonating state and an optical path of the second laser light 118 is set so that the laser light 118 can be propagated through the wavelength conversion element 113.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-70338

(P2004-70338A)

(43) 公開日 平成16年3月4日(2004.3.4)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G02F 1/37

F I

G02F 1/37

テーマコード(参考)

2K002

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2003-272948 (P2003-272948)  
 (22) 出願日 平成15年7月10日(2003.7.10)  
 (31) 優先権主張番号 特願2002-213355 (P2002-213355)  
 (32) 優先日 平成14年7月23日(2002.7.23)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100086483  
 弁理士 加藤 一男  
 (72) 発明者 古川 幸生  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ヤノン株式会社内  
 (72) 発明者 坂田 肇  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ヤノン株式会社内  
 Fターム(参考) 2K002 AA04 AA05 AA06 AA07 AB12  
 BA02 CA02 CA03 CA05 DA06  
 EA03 HA20

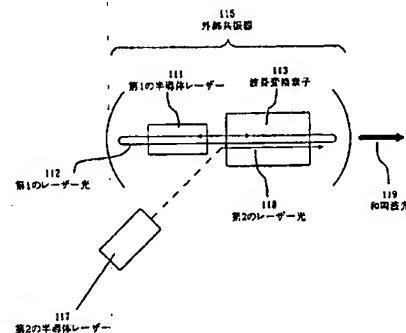
(54) 【発明の名称】 光波長変換装置、及び光波長変換方法

(57) 【要約】

【課題】 高変換効率で高速変調可能な光波長変換装置である。

【解決手段】 光波長変換装置は、第1、第2の半導体レーザ111、117と、これが出射する第1、第2のレーザ光112、118を和周波光119に変換する非線形光学材料からなる波長変換素子113を有する。第1の半導体レーザ111と波長変換素子113が配置されて第1のレーザ光112が共振状態となる外部共振器構造115が構成され、第2のレーザ光118が波長変換素子113を伝搬するように第2のレーザ光118の光路が定められている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1、第 2 の半導体レーザと、該 2 つの半導体レーザが各々出射する第 1、第 2 のレーザ光を和周波光に変換する波長変換素子とを有する光波長変換装置であって、前記第 1 の半導体レーザと前記波長変換素子とが配置されて第 1 のレーザ光が共振状態となる外部共振器構造を有しており、前記第 2 のレーザ光が前記波長変換素子を伝搬するように第 2 のレーザ光の光路が定められていることを特徴とする光波長変換装置。

## 【請求項 2】

前記第 1 の半導体レーザと前記波長変換素子との間から前記波長変換素子に前記第 2 のレーザ光が入光するように前記第 2 の半導体レーザが配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光波長変換装置。

10

## 【請求項 3】

前記第 1 の半導体レーザが配置されている側とは反対側から前記第 2 のレーザが前記波長変換素子へ入光するように前記第 2 の半導体レーザが配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光波長変換装置。

## 【請求項 4】

前記第 1 の半導体レーザを通過して前記光波長変換素子へ前記第 2 のレーザが入光するように前記第 2 の半導体レーザが配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光波長変換装置。

## 【請求項 5】

請求項 1 に記載の前記光波長変換装置を光源として有することを特徴とする画像投射型表示装置。

20

## 【請求項 6】

請求項 1 に記載の前記光波長変換装置を光源として有することを特徴とする電子写真方式の画像形成装置。

## 【請求項 7】

第 1、第 2 の半導体レーザが各々出射する第 1、第 2 のレーザ光を波長変換素子に入射してそれらの和周波光を発生させる光波長変換方法であって、前記第 1 の半導体レーザと前記波長変換素子とが配置されて第 1 のレーザ光が共振状態となる外部共振器構造を構築し、前記第 2 のレーザ光が前記波長変換素子を伝搬するように第 2 のレーザ光の光路を定めることを特徴とする光波長変換方法。

30

## 【請求項 8】

前記第 1 の半導体レーザと前記波長変換素子との間から前記波長変換素子に前記第 2 のレーザ光が入光するように前記第 2 の半導体レーザが配置されていることを特徴とする請求項 7 に記載の光波長変換方法。

## 【請求項 9】

前記第 1 の半導体レーザが配置されている側とは反対側から前記第 2 のレーザが前記波長変換素子へ入光するように前記第 2 の半導体レーザが配置されていることを特徴とする請求項 7 に記載の光波長変換方法。

## 【請求項 10】

前記第 1 の半導体レーザを通過して前記光波長変換素子へ前記第 2 のレーザが入光するように前記第 2 の半導体レーザが配置されていることを特徴とする請求項 7 に記載の光波長変換方法。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、半導体レーザ (Laser Diode: LD) 光と他の LD 光とを和周波混合して波長変換を行う光波長変換装置及び光波長変換方法に関するものである。特に詳細には、レーザディスプレイのような画像表示装置用の光源、光記録、光計測用の光源、さらに具体的には電子写真方式の画像形成装置用の光源や記録媒体への書き込み読み出し用光源、あ

50

るいは通信用の光源などとして利用でき、高速変調駆動が可能で、レーザ光を出射する光波長変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

和周波発生と呼ばれる方法を図22を挙げて説明する(特許文献1参照)。図22は和周波発生による光波長変換装置である。波長 $\lambda_1$ 、波長 $\lambda_2$ の2つのLD光を非線形光学材料に入射して、2つの光の周波数の和の周波数を有する波長 $\lambda_3$ の光を発生させる和周波発生と呼ばれる方法を用いれば、波長 $2\lambda_3$ のLD光から波長 $\lambda_3$ の光を発生させる第2高調波発生と呼ばれる方法に比べて、使用できるLDの選択肢が広がる。

【0003】

図中、10、30はレーザビーム、11、31はLD、11a、31aはLDの端面、12、32、36はコリメーターレンズとしてのロッドレンズ、13は偏光ビームスプリッタ、14は光波長変換素子、15'はミラー、15a'はミラーの端面、16は光を吸収するストッパ、20は反射型グレーティング、21は回転軸、33はハーフミラー、35は和周波光である。レーザビーム10(波長 $\lambda_1$ )はLD11の端面11aとミラー15'の端面15a'との間に閉じ込められてレーザ発振したものである。また、レーザビーム30(波長 $\lambda_2$ )はミラー15'の端面15a'と反射型グレーティング20との間に閉じ込められてレーザ発振したものである。

【0004】

ミラー15'の端面15a'には、上記波長 $\lambda_1$ のレーザビーム10および波長 $\lambda_2$ のレーザビーム30はほぼ100%反射させる一方、波長 $\lambda_3$ の和周波光35はほぼ100%透過させるコーティングが施されている。本例では、LD11およびLD31の双方が外部共振器構造となっているため、外部共振器がない場合と比較して光波長変換素子14中でのパワー密度が高くなっている。そのため、高変換効率となっている。そして、この光波長変換装置は2つの外部共振器構造を有しているといえる。

【特許文献1】特許第274108号公報(第4頁、第5図)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、この光波長変換装置は2つの外部共振器構造を有しているため、レーザ共振器としての物理的長さが長くなってしまふ。また、2つの共振器縦モードを波長変換素子内で和周波光に位相整合させることが極めて困難であり、その結果、和周波光への変換効率が簡単に変動してしまい出力が安定せず、高速変調に不向きである。

【0006】

そこで、本発明は、高変換効率で高速変調可能な光波長変換装置及び方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明の光波長変換装置は、第1、第2の半導体レーザと、該2つの半導体レーザが各々出射する第1、第2のレーザ光を和周波光に変換する波長変換素子とを有する光波長変換装置であって、前記第1の半導体レーザと前記波長変換素子とが配置されて第1のレーザ光が共振状態となる外部共振器構造を有しており、前記第2のレーザ光が前記波長変換素子を伝搬するように第2のレーザ光の光路が定められていることを特徴としている。より具体的には、前記第2のレーザ光が前記外部共振器の内部で共振しないように外部共振器中に含まれる複数の反射面の反射率が定められている。

【0008】

また、上記課題を解決するために、本発明の光波長変換方法は、第1、第2の半導体レーザが各々出射する第1、第2のレーザ光を波長変換素子に入射してそれらの和周波光を発生させる光波長変換方法であって、前記第1の半導体レーザと前記波長変換素子とが配置されて第1のレーザ光が共振状態となる外部共振器構造を構築し、前記第2のレーザ光

10

20

30

40

50

が前記波長変換素子を伝搬するように第2のレーザ光の光路を定めることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によると、高変換効率で高速変調可能な光波長変換装置ないし方法を提供することができる。すなわち、共振器構造によって一方のレーザ光の非線形光学材料中のパワー密度を高くして高変換効率を実現でき、他方のレーザ光を直接変調することで高速変調が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

(第1の実施の形態)

第1の実施の形態に係る光波長変換装置は、第1の半導体レーザと波長変換素子と一对のミラーからなる外部共振器構造に第2の半導体レーザからのレーザ光が波長変換素子内を伝搬するように第2の半導体レーザが配置されていることを特徴とする。半導体レーザとは半導体活性層を有するレーザである。

【0011】

図1は、本実施形態に係る光波長変換装置の模式的な構成図である。図1において、本実施形態に係る光波長変換装置は第1、第2の半導体レーザ(LD)111、117、波長変換素子(例えば、KTP結晶からなる非線形光学材料)113を有する。外部共振器115は、第1のLD111と波長変換素子113とを対の反射面(不図示)から構成されている。この外部共振器115は、第1のLD111から発生された第1のレーザ光112が一对の反射面間を往復することで共振状態となるように構成されている。

【0012】

この外部共振器115の外部に第2のLD117が配置されている。そして、第2のLD117から発生された第2のレーザ光118を波長変換素子113中に導くことで和周波光119を発生させる。本実施形態において、第2のLD117から発生された第2のレーザ光118は第1のLD111と波長変換素子113の間から波長変換素子113へ入射される。また、本実施形態において波長変換素子113は、2つのレーザ光112、118と和周波光119との間の角度位相整合条件を満たすように、所定の結晶角度を有するように切り出された非線形光学材料である。

【0013】

本実施形態のような外部共振器構造を有する光波長変換装置であると、共振器のない場合と比べ、波長変換素子113中のレーザ光112のパワー密度は、共振器ミラーの反射率にもよるが、数倍から数十倍高いことができる。和周波発生の場合の波長変換効率は、2つの入力光のパワー密度の積に比例するので、共振器構造とすることで波長変換効率を向上させることが可能となる。

【0014】

また、本実施形態に係る光波長変換装置は、外部共振器を1つのみ有し、別の半導体レーザは外部共振器構造を有していない。前記別の半導体レーザ(第2の半導体レーザ)からの入力光は、駆動電流に変調を加えることで変調が行われる。この変調の加わった半導体レーザ光と外部共振器を構成する半導体レーザの光との間で和周波混合が行われる。外部共振器を構成した半導体レーザの光パワー密度は極めて高くなり、同時に線幅も狭くなる。そして、このような構成にすることで、精密な位相の合わせ込みを行わなくとも2つの半導体レーザの波長間で和周波光の発生が得られる。また、挿入する半導体レーザは外部共振器を構成していないため、第2のLD117を変調駆動した場合、注入電流の制御パターンに追随して、殆ど遅れなく和周波光119を高速に変調することができる。

【0015】

これに対して、2つの入力光を同時に共振させることは以下の点で極めて不利である。  
1) 2つの共振器縦モードを非線形光学材料中で和周波光と位相整合をとることは、極めて高い精度の外部共振器制御、温度制御が要求される。特に、擬似位相整合をとるために周期分極反転構造を非線形光学材料中に形成した素子では、新たな和周波光を発生させる

10

20

30

40

50

条件は、両入力光が共振器モードである場合、極めて困難である。

2) 少なくとも一方の外部共振器レーザに変調を加えることは、発振スペクトルの変動を招き、また、共振器モード成立のための応答遅れが生じ、結果として、変換効率の変動、変調速度の低下を生じる。

【0016】

なお、本実施形態では、第2のLD117からのレーザ光118を、波長変換素子113中を一度のみ通過する構成としてあるが、波長変換素子中を往復伝搬する非共振光でもよい。

【0017】

そして、このような構成にすることで、第1、第2のLD111、117の波長をそれぞれ808nm、1550nmとした場合、波長531nm ( $1/531 = 1/808 + 1/1550$ ) の和周波光を得ることができた。さらに、第2のLD117への注入電流を500MHzの変調周波数で矩形波変調した場合、それに追従した和周波光119の強度変調を得ることができた。なお、第2のLD117は、変調時の波長変動が小さい分布帰還(Distributed Feedback: DFB)型LDを用いている。また、外部共振器を構成する一対の反射面のうち一方は、第1の半導体レーザの出射端面とは反対側の端面に設けられているミラーであり、他方の反射面は、波長変換素子の端面のうち、波長変換素子内を通過して折り返す側の端面に設けられるミラーである。

【0018】

本実施形態において適用される半導体レーザは、緑色の光(波長にして510nmから560nm程度)を得るのであれば、好適には、第1の半導体レーザ111として760nmから880nmで発振する半導体レーザを選択し、第2の半導体レーザ117として1480nmから1650nmで発振する半導体レーザを選択する。黄色～色の光(波長にして570nmから600nm程度)を得るのであれば、好適には、第1の半導体レーザ111として、980nmから1080nmを選択し、第2の半導体レーザ117として、1300nm台の波長で発振する半導体レーザを選択する。無論、和周波混合で得たい波長に合わせて、 $\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$ を満たすような半導体レーザ光波長の組合せであれば目的を達成することができる。

【0019】

また、本実施形態において適用される半導体レーザとしては、半導体レーザ基板の切断面ないしエッチング面を利用したフリップベロ型レーザ、あるいは、分布ブラッグ反射(Distributed Bragg Reflector: DBR)型レーザ、あるいは、DFB型レーザ、あるいは、基板垂直に共振器を構成する面発光型レーザなどが好ましい。あるいは、レーザチップの出射側端面とは反対側の端面が高反射コーティングされたものや、出射側端面が無反射あるいは低反射コーティングされたもの、あるいはキャンパッケージされたもの、あるいは量子井戸構造のものも好ましい。特に、第2の半導体レーザについてはキャンパッケージされたものを使用してもよい。

【0020】

また、本実施形態において適用される第1の半導体レーザの縦モード間隔は、外部共振器長が長い場合は短く、また、外部共振器長が短い場合は長くなる。その際、半導体レーザの線幅を考慮して、第2の半導体レーザの位相整合波長許容幅と外部共振器の縦モード波長の重なりが生じるように外部共振器長を設計する必要がある。また、本実施形態において適用される第2の半導体レーザへの変調信号は、矩形波パルスに限らず、正弦波や三角波、鋸波のような任意の波形に対応できることは言うまでもない。

【0021】

また、本実施形態において、適用される波長変換素子は、非線形光学材料としてKTiOP<sub>4</sub> (KTP)、LiNbO<sub>3</sub> (LN)、KNbO<sub>3</sub> (KN)、LiTaO<sub>3</sub> (LT)、LiB<sub>3</sub>O<sub>5</sub> (LBO)、 $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (BBO)などの誘電体酸化物結晶に限らず、たとえば、2-adamantylamino 5-nitropyridine (AANP) や2-methyl 4-nitroaniline (MNA)といった有機非線形材料、あるいはガラスに強電界を印加することで表面に分極を形成させた非線形ガラス材料でも好ましい。また、非線形光学材料中に伝搬方向に沿った光導波路が設けられていてもよい。光導波路は非線形光学材

10

20

30

40

50

料中に設けられていても、あるいは非線形光学材料から突出して設けられていても（リッジ構造）よい。光導波路を有することで光のパワー密度を上げることができる。

#### 【0022】

また、本実施形態に係る波長変換素子を構成する非線形光学材料中に疑似位相整合させる周期的分極反転構造を設けてもよい。この場合、非線形光学材料の非線形光学定数の大きい伝搬方向を選択できるので変換効率を向上させることが可能となり、角度位相整合方式では実現できない波長範囲のLDを用いることが可能となり、用いるLDおよび得られる和周波光の波長に対する自由度が増すという利点がある。

#### 【0023】

本実施形態によれば、高変換効率で高速変調可能な光波長変換装置ないし方法を提供することができる。すなわち、共振器構造によって一方のレーザー光の非線形光学材料中のパワー密度を高くして高変換効率を実現でき、他方のレーザー光を直接変調することで高速変調が可能となる。

#### 【0024】

##### （第2の実施の形態）

第2の実施の形態に係る光波長変換装置は、波長変換素子が周期分極反転構造を有することを特徴とする。それ以外は第1の実施の形態と同じである。本実施の形態に係る光波長変換装置を図2に示す。符号2115は周期分極反転構造、2107、2103は誘電体多層膜、2102、2106は反射面であるミラーとしての誘電体多層膜、2104、2109は集光レンズ、2111はビームスプリッタ、2110は第2半導体レーザー117を駆動するための駆動回路である。

#### 【0025】

第1の半導体レーザー111からの光は、第1の半導体レーザー111の出射側端面2103'とは反対側の端面2102'に配置されたミラー2102と、入光する側とは反対側の端面である波長変換素子113の端面2106'に配置されたミラー2106との間を往復し共振状態になる。第1の半導体レーザー111からの光は、第1の半導体レーザー111の出射側端面2103'に配置された誘電体多層膜2103を通過し、集光レンズ2104により集光され、ビームスプリッタ2111を通過し、波長変換素子113へ、その端面2107'に配置された誘電体多層膜2107を通過して入光する。誘電体多層膜2103および2107は外部共振器内部で光損失を防ぐために必要に応じて設けられる膜である。

#### 【0026】

第2の半導体レーザー117は駆動回路2110により変調可能に駆動される。第2の半導体レーザー117からの光は、集光レンズ2109により集光し、ビームスプリッタ2111により反射し、誘電体多層膜2107を通過して波長変換素子113へ入光する。

#### 【0027】

共振状態となって光パワー密度が増大している第1の半導体レーザー112と第2の半導体レーザー光とが和周波混合されて得られる和周波光119は、光導波路2116を通過して波長変換素子113から誘電体多層膜2106を経て光波長変換装置外部へ出光する。誘電体多層膜2106は、和周波光119に対して透過性であり、且つ第1の半導体レーザー光112や第2の半導体レーザー光118に対しては反射性である。なお、誘電体多層膜2107は、第1の半導体レーザー光112や第2の半導体レーザー光118に対して透過性であり、且つ和周波光119に対しては反射性である。

#### 【0028】

図3は本発明の動作原理を表す図である。

同図において3201は第1の半導体レーザーの外部共振器縦モードを表している。3202は第1の半導体レーザーの許容波長幅であり、3202に示す波長範囲で有効な波長変換が生じる。3203は第2の半導体レーザーの発振スペクトルを表す。第1および第2の半導体レーザー光が波長変換素子を介して和周波混合を生じ、3204に示す和周波光の発生になる。和周波光発生に繋がる第1の半導体レーザーの共振器モード波長を $\lambda_1$  ( $=2\pi c$

10

20

30

40

50

$\omega_1$ )、第2の半導体レーザ発振光波長を $\lambda_2$  ( $=2\pi c/\omega_2$ )、その結果発生する和周波光波長を $\lambda_3$  ( $=2\pi c/\omega_3$ )とすると、周波数整合条件から、

$$\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$$

(1)

【0029】

図2の例では波長変換素子113は非線形光学材料中に周期分極反転構造2115を与えた後、光導波路2116を形成して作製されている。周期分極反転構造は波長変換素子中で3つの光の位相が整合するように設計される。即ち、第1の半導体レーザ、第2の半導体レーザ、和周波光の波長の屈折率を各々

$n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ とすれば、位相整合条件から

$$n_3 \omega_3 = n_1 \omega_1 + n_2 \omega_2 \pm \Delta k$$

(2)

【0030】

上式で擬似位相整合条件を満たす $\Delta k$ は、以下の周期 $\Lambda$ の分極反転構造を作りこむことで実現される。

$$\Lambda = 2\pi c / \Delta k$$

(3)

入力する第1の半導体レーザ光のパワーを $P_1$ 、第2の半導体レーザ光のパワーを $P_2$ とすれば、和周波光のパワー $P_3$ は以下のように表される。

【0031】

【数1】

$$P_3 = \frac{\omega_3}{\omega_2} P_2 \sin^2 \left( \frac{2}{\pi} d_{eff} L \left( 2n_0^3 \frac{\omega_2 \omega_3}{n_1 n_2 n_3} \frac{P_1}{A} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad (4)$$

ここで、 $\mu_0$ は真空の透磁率、 $d_{eff}$ は有効非線形定数、 $L$ は結晶長、 $A$ はビーム面積である。

【0032】

(4)式から、第1の半導体レーザパワー $P_1$ を大きくする、あるいは、光導波路断面積 $A$ を小さくすることは、和周波光のパワーを増大させる目的において、結晶長 $L$ を長くすることと同等の効果を有することが分かる。

【0033】

次に、図4を用いて本実施形態に係る和周波光の変調波形を説明する。図4は共振状態となって光パワー密度が増大している第1の半導体レーザのパワーの波形 $P_1$ と、第2の半導体レーザ光のパワーの波形 $P_2$ と、和周波混合されて得られる和周波光のパワーの波形 $P_3$ とを横軸を時間として示すグラフである。本図に示すように、第1の半導体レーザのパワーの波形 $P_1$ から、第1の半導体レーザは連続波として動作させていることがわかる。第2の半導体レーザ光のパワーの波形 $P_2$ から、第2の半導体レーザ光は駆動回路2110から加えられた変調信号に応じて時間変化されていることがわかる。

【0034】

和周波光119のパワー $P_3$ は、式(4)に示すように、第2の半導体レーザ117のパワー $P_2$ に比例するため、和周波光も同様の変調波形となる。外部共振器構造で波長変換素子113内部の光パワー $P_1$ 密度が増大していることは、式(4)に示すように、波長変換効率の向上に寄与する。また、変調信号を加える第2の半導体レーザ117は外部共振器を構成しないため、高速変調に対応可能である。さらには、半導体レーザの変調において、大電流を注入することは、半導体活性層中のキャリア変動が大きく、また、電気素子として考えても高速に時間波形を追従させることは困難である。その点、本発明による入力光パワーのうち、一方の半導体レーザ光は連続波として、変調はもう一方の半導体レーザ光のみでよい場合は、変調する駆動電流量を全体として低く押さえることが可能で、半導体活性層でのキャリア変動も小さく押さえられ、駆動電源の高速化対応も容易である。

10

20

30

40

50



## 【0035】

本実施形態に係る波長変換素子の分極反転構造について説明する。

図5は本実施形態に係る波長変換素子の周期分極反転構造の具体的構造を示す模式図である。符号402は光導波路、401は周期分極反転構造を指す。

## 【0036】

波長変換素子は非線形光学材料であり、結晶体である。KTiOPO<sub>4</sub> (KTP) を、光が位相整合角 $\theta$  (光伝播方向と結晶のz軸が成す角度) =

90°、位相整合角 $\phi$  (光伝播方向とx-y平面内のx軸が成す角度) = 0° に沿って伝播する様にカットした結晶長10 mmのものが用いられる。

10

## 【0037】

2つの半導体レーザの光から和周波光を効率良く発生させるために、周期分極反転構造401を結晶中に形成し、擬似位相整合をとることが好ましい。分極反転は梯状に電極印加を行うことで得ている。さらに、光の閉じ込めを良くするために、Rbイオンを結晶表面でマスクを通して拡散し、ストライプ幅約5 $\mu$ mの光導波路402を形成している。こうして作製した波長変換素子の光導波路へ、第1および第2の半導体レーザの偏波面を互いに直交させて位相整合条件に合うように入射させる。分極反転の周期は29 $\mu$ m~30 $\mu$ mとなる。KTPの上記位相整合条件では、半導体レーザ111の発振波長に対する許容幅が約46nmと大きいので、外部共振器構造で光パワーを高める半導体レーザ111にとっては発振スベクトルがマルチモード化してもその多くを波長変換に活用することができると、変換効率を劣化させることにはならず、有利である。

20

## 【0038】

また、KTP結晶の許容温度幅も結晶長10mmに対しておよそ70℃と大きいので、温度制御機構が不要となる。また、KTPの端面2107'には805~810nmと1550~1590nmで反射が生じないようにTiO<sub>2</sub>とSiO<sub>2</sub>からなる無反射誘電体多層膜である誘電体多層膜2107が設けられている。また、KTPの端面2106'には波長805~810nmで高反射率となり、波長530~540nmで低反射となるように誘電体多層膜2106が形成されている。

## 【0039】

図6に本実施形態で適用できるさらに別の周期分極反転構造を示す波長変換素子を示す図6において符号601は周期分極反転構造、602は光導波路である。このように光導波路が波長変換素子から突出して配置されていて、周期分極反転構造に直交しているリッジ構造である形態の波長変換素子も適用可能である。

30

## 【0040】

本実施形態では、第1の半導体レーザ111としてGaAs量子井戸構造の活性層からなるものを適用する。駆動電流として150mAを流すことでほぼ150mWの横シングルモードの光出力を得ることができるとのである。発振波長はおよそ805~810nmの範囲になる。この半導体レーザの各端面に、設計された誘電体多層膜を成膜することで、端面2102'に関しては、波長805~810nmに対して高反射率に、端面2103'に関しては波長805~810nmに対して低反射率になる。

40

## 【0041】

また、本実施形態では第2の半導体レーザ117はInGaAsP量子井戸構造の活性層からなるDFBレーザである。駆動電流を150mAとすることで、発振波長1550~1590nmの縦横ともにシングルモードの光出力40mWを得ることができるとである。DFBレーザはレーザ活性層上部のガイド層に形成された回折格子構造により安定した発振波長を得ることができるとである。

## 【0042】

このような構成の光波長変換装置を用いて、半導体レーザ111に一定に電流を流し、半導体レーザ117へは繰返し周波数500MHzのパルス電流を流した。その結果、波長530~540 nmの波長で数mW程度の和周波光出力を得ることができるとである。和周波光のパルスは半導体レーザ117の変調波形とほぼ同様な波形である。KTPを透過した半導体レーザの光は不

50

図示の赤外カットフィルタで吸収ないし反射され、その結果、530～540 nmを中心波長とする緑色の変調されたレーザ光のみが得られる。

【0043】

なお、本実施形態では、周期分極反転を非線形光学材料中に施して、擬似位相整合を行ったが、例えば、第1の半導体レーザ光波長を808 nm、第2の半導体レーザ光波長を1550 nmとして、非線形光学材料への入射角度を、 $\theta = 59.6^\circ$ 、 $\phi = 0^\circ$ とすることにより周期分極反転を必要としない角度位相整合を行うこともできる。つまり、図2に示す周期分極反転構造2115は存在しない。さらに、光導波路2116を有しないバルク非線形光学材料を使用してもよい。光導波路が存在しない場合は、非線形光学材料中でレーザビーム径が細くなるように外部共振器内の光学系を設計すればよい。

10

【0044】

(第3の実施の形態)

本実施の形態に係る光波長変換装置は、一對の反射面のうち、波長変換素子側の反射面が波長変換素子から離れて配置されたミラーであることを特徴とする。それ以外は第2の実施の形態と同じである。

【0045】

図7は本実施形態に係る光波長変換装置を示す模式図である。符号503はミラーであり、波長変換素子113から離れて配置されている。また、符号505は誘電体多層膜である。ミラー503は波長変換素子113から出た光に対する凹面鏡であることが好ましい。このような構成にすることで、波長変換素子から出る光が太い場合あるいは広がる場合に、反射時に光を細く絞り波長変換素子に再び戻すことができる。ミラー503が波長変換素子に対して凹むような湾曲面を有している構成の場合、波長変換素子には光導波路が設けられていなくてもよい。符号505は、波長変換素子端部に必要に応じて配置される誘電体多層膜である。この誘電体多層膜505は第1の半導体レーザ光に対して無反射である。

20

【0046】

さらに具体的に説明する。

本実施形態において、波長変換素子113としてKTPを用い、位相整合角 $\theta = 90^\circ$ と $\phi = 0^\circ$ は第2実施形態と同様である。一方、位相整合を取る2つの半導体レーザの偏波方向は同方向である。周期分極反転の周期は、およそ $10\mu\text{m}$ となる。端面コーティングされた膜については、第2の実施形態と同様である。KTPの位相整合は、 $\theta = 90^\circ$ 、 $\phi = 0^\circ$ に対してノンクリティカル位相整合となり、波長変換効率に対する角度許容幅が大きくなる。また、非線形定数をKTP結晶の最大非線形テンソル成分 $d_{33} = 16.9$  (pm/V)に設計することができる。

30

【0047】

(第4の実施の形態)

本実施の形態に係る光波長変換装置は第2半導体レーザとして電極分割DBRレーザを用いたことを特徴とする。それ以外は第2、第3の実施の形態のいずれかと同じである。図8は本実施形態に係る光波長変換装置を示す模式図である。符号706がDBRレーザ、707は、必要に応じて設けられる光ファイバ、701は、第1の半導体レーザとしての一例である出射側端面を無反射コーティングしキャンパッケージされた素子である第1の半導体レーザ、708は光導波路、そして709は、必要に応じて設けて配置される赤外カットフィルタである。

40

【0048】

本実施形態では、第2の半導体レーザとして電極分割DBRレーザを用いているため発振波長の制御がより容易である。この電極分割DBRレーザは3電極がそれぞれDBR領域、利得領域、そして位相領域に分けられている。各領域の電流量をコントロールすることで、発振波長と光出力を同時に制御することができる。光ファイバは必要に応じて設けられてよいものであるが、第2半導体レーザとして実装されている場合はその光ファイバを用いればよい。

50

## 【0049】

本実施形態では、波長変換素子113として $\text{LiNbO}_3$  (LN) 導波路を用いる。半導体レーザ701と半導体レーザ706の発振波長に合わせて、その和周波光が効率良く発生するように、図5と同様の構成で波長変換素子113には周期分極反転構造と光導波路が形成されている。周期約 $7\mu\text{m}$ ~ $8\mu\text{m}$ の格子状電極がエッチLN基板上に作製されており、高電界が印加されて、周期分極反転構造が形成されている。さらに、分極反転格子と直交するように、幅 $5\mu\text{m}$ 、深さ $5\mu\text{m}$ の光導波路708をフロン交換により形成している。波長変換素子である非線形光学材料中の光パワー密度を高める効果は、(4)式に表されている。非線形光学材料中に光導波路を形成することでこの効果を飛躍的に生かすことができる。導波路長は10

10

mmとし、2つの半導体レーザの偏波面を基板に対して平行させて波長変換素子へレーザ光を結合させる。

## 【0050】

LN結晶の擬似位相整合を用いた本実施形態の波長変換素子では、半導体レーザ701に対する波長許容幅はおよそ $0.8\text{nm}$ 、半導体レーザ706に対する波長許容幅はおよそ $0.3\text{nm}$ と狭いが、半導体レーザ706のDBR領域と位相制御領域への電流注入で発振波長を可変制御して、和周波光への波長変換効率が最大となるように調整できる。半導体レーザ706の光出力は利得領域への電流注入で増減する。変調信号を加えるのも利得領域への電流注入で行う。波長許容幅は狭いが、本実施例では非線形定数がLNの最大非線形テ

20

ンソル成分 $d_{33}=34.4(\text{pm/V})$ を利用できるため、高い波長変換効率が得られる。光導波路を通過した半導体レーザ光は、赤外カットフィルタ709で除去されて和周波成分である緑色のレーザ光710となる。

## 【0051】

## (第5の実施の形態)

本実施の形態に係る光波長変換装置は、第2の半導体レーザにバイアス電流と、信号に合わせたパルス電流を重ねさせることでパルス状のレーザ光を出力させることを特徴とする。それ以外は第2ないし第4の実施の形態のいずれかと同じである。

## 【0052】

第1の半導体レーザは、GaAs基板上に、P側およびn側のクラッド層としてInGaAsP層を形成し、そして、活性層はInGaAsを井戸層、GaAsPを障壁層とした歪量子井戸構造からなる。InGaAs井戸層は圧縮歪を加えられて、大よそ波長にして $960\text{nm}$ から $1000\text{nm}$ までの範囲での発振が可能である。

30

## 【0053】

第2の半導体レーザはInGaAsPを活性層とし、発振波長は $1460\text{nm}$ から $1500\text{nm}$ となり、その和周波光として $570\text{nm}$ から $600\text{nm}$ を得ることができる。即ち、黄色から色の範囲のレーザ光を自由に設定して得ることが可能である。

## 【0054】

本実施形態では、波長変換素子として、LN基板に周期分極反転を施し、さらに光導波路を形成したものをを用いる。第2の半導体レーザに駆動電源から、値電流以下のバイアス電流を予め通電しておき、信号に合わせたパルス電流を重ねさせることで、パルス状のレーザ光出力が得られ、それに同期して波長変換素子を介して和周波波長のパルス光が得られる。変調信号のパルス幅もしくはパルス尖頭値を変化させることで、和周波光にパルス幅変調もしくはパルス振幅変調が加えられる。このようにして、小型で変調可能な黄色～色領域のレーザ光源を作製できる。第1の半導体レーザの活性層としてInGaAs系に代えて、GaInNaAs系ないしGaAsSb系を用いることで、少し長波長域でレーザ光を得ることができるため、色から赤色の和周波光を変調光として得ることもできる。

40

## 【0055】

以上、第2の実施形態ないし第5の実施形態では第2半導体レーザ光が第1半導体レーザと波長変換素子との間から波長変換素子へ入光する形態を説明した。

## 【0056】

50

次に、第2半導体レーザ光が、第1レーザ半導体が配置される側とは反対側から波長変換素子に入光するように第2半導体レーザが配置されている形態を説明する。

【0057】

(第6の実施の形態)

本実施の形態に係る光波長変換装置は、第1のレーザ半導体が配置される側とは反対側から第2の半導体レーザ光が波長変換素子へ入光するように、第2の半導体レーザが配置されていることを特徴とする。それ以外は、第1ないし第5の実施の形態のいずれかと同じである。

【0058】

図9に本実施形態に係る光波長変換装置を模式的に示す。符号905、905'、906、906'はそれぞれ第1の半導体レーザ光を反射する誘電体多層膜、波長変換素子の和周波光が出光する側の端部、第1の半導体レーザ光を透過させる誘電体多層膜、波長変換素子の第1の半導体レーザ側の端部である。符号9111はビームスプリッタである。

【0059】

第2の半導体レーザ117は波長変換素子の和周波光が出光する側に配置されている。第2の半導体レーザ光はビームスプリッタ9111を介して波長変換素子へ入光する。和周波光は同じ側から波長変換素子を出て、ビームスプリッタ9111にて反射して第2半導体レーザ光の方向とは異なる方向に沿って光波長変換装置外へ出る。本実施形態において、一对の反射面とは、第1半導体レーザ111の端部2102'に設けられているミラーである誘電体多層膜2102と第1の半導体レーザ光を反射する誘電体多層膜905である。そして、本実施形態では、誘電体多層膜905は第2のレーザ光118を通過させる。また、誘電体多層膜905は和周波光119も通過させる。誘電体多層膜906は和周波光119を反射する。

【0060】

図10は本実施形態の別形態に係る光波長変換装置を示す模式図である。符号1001は第1の半導体レーザである。第1の半導体レーザが、出射側端面が無反射コーティングされキャンパッケージされたものであることが異なる。

【0061】

(第7の実施の形態)

本実施の形態に係る光波長変換装置は、一对の反射面のうち、波長変換素子側の反射面が波長変換素子から離れて配置されたミラーであることを特徴とする。それ以外は、第6および第3の実施の形態と同じである。

【0062】

図11に本実施形態に係る光波長変換装置を模式的に図示する。符号603はミラー、605は誘電体多層膜である。波長変換素子113の出光側端面に形成された誘電体多層膜605では第1の半導体レーザ光は透過され、外側に配置されたミラー603で反射されて共振器を形成する。第2の半導体レーザ117の出射光はビームスプリッタ2111およびミラー603を透過して波長変換素子113に入光される。

【0063】

(第8の実施の形態)

本実施形態に係る光波長変換装置は、第2半導体レーザとして電極分割DBRレーザを用いたことを特徴とする。それ以外は、第6および第4の実施の形態と同じである。

【0064】

図12は本実施形態に係る光波長変換装置を示す模式図である。符号604、606は誘電体多層膜、2116は光導波路、602はビームスプリッタである。電極分割DBRレーザは、第1レーザ半導体701が配置される側とは反対側から波長変換素子へ入光するように配置されている。誘電体多層膜604は、第1の半導体レーザ光を通過させ、第2の半導体レーザ光を通過させ、和周波光を通過させる。誘電体多層膜606は第1の半導体レーザを反射させ、第2の半導体レーザ光を通過させる。

【0065】

10

20

30

40

50

## (第9の実施の形態)

本実施形態に係る光波長変換装置は、第2の半導体レーザにバイアス電流と、信号に合わせたパルス電流を重ねさせることでパルス状のレーザ光を出力させることを特徴とする。それ以外は、第6および第5の実施の形態と同じである。

## 【0066】

図13は本実施形態に係る光波長変換装置を示す模式図である。第2の半導体レーザである歪量子井戸構造活性層を有するレーザチップ902が、第1の半導体レーザ701が配置される側とは反対側から波長変換素子へ入光するように配置されている。

## 【0067】

次に、第2の半導体レーザが第1の半導体レーザの後ろに配置されたことを特徴とする光波長変換装置について第10ないし15の実施の形態を挙げて説明する。 10

## 【0068】

## (第10の実施の形態)

本実施形態に係る光波長変換装置は、第2の半導体レーザが第1の半導体レーザの後ろに配置されたことを特徴とする。それ以外は、第1ないし第9の実施の形態の何れかと同じである。

## 【0069】

図14は本実施形態に係る光波長変換装置を示す模式図である。誘電体多層膜2102とミラー503とが一对の反射面を構成し、この一对の反射面と第1の半導体レーザ111と波長変換素子113とから外部共振器構造115を形成する。第2の半導体レーザ117は第1の半導体レーザの背後に配置されている。第2の半導体レーザからの第2の半導体レーザ光は、誘電体多層膜2102を透過して第1の半導体レーザを通過し、そこから出光する。 20

## 【0070】

第2の半導体レーザ117は例えば1550nmの光を出すDFB型を挙げることができる。第1の半導体レーザ111に配置されている光導波路108は、例えばAlGaAs/GaAs多層膜で構成されたものである。波長変換素子113は、例えば非線形光学材料であるKTP結晶である。第2の半導体レーザ光は波長変換素子中を1回のみ伝搬する。

## 【0071】

## (第11の実施の形態)

本実施の形態に係る光波長変換装置は、波長変換素子に周期分極反転構造と光導波路とを設けたことを特徴とする。それ以外は第10の実施の形態と同じである。 30

## 【0072】

図15は本実施の形態に係る光波長変換装置の模式図である。本実施形態において、光導波路2116は、例えば溶融したRbNO<sub>3</sub>中に結晶を浸してRbを拡散させることで形成されたものである。また、KTP結晶は厚さ1mmでz cutされたものである。

## 【0073】

結晶長は10mmとしてある。光導波路2116はx方向に平行に形成されており、分極反転の周期は和周波変換の位相整合条件を考慮して10μmとしている。光導波路2116の方向は有効非線形光学定数が最大となる（結晶中の最大の非線形光学定数成分を用いた波長変換が可能となる）ように選択されている。光導波路2116の断面積は約15μm<sup>2</sup>である。また、波長変換素子113の両端面には、波長808nmの光と1550nmの光の両方に対してほぼ無反射となるよう設計された多層膜が設けられている（図中不図示）。 40

## 【0074】

第1の半導体レーザ111からの第1のレーザ光は、集光レンズ2104により光導波路2116に結合され、光導波路2116中を伝搬する。このとき、光導波路2116中をTMモードで伝搬するように第1のレーザ光の偏光状態は予め制御されている。第2のレーザもTMモードで伝搬するように予め制御されている。

## 【0075】

## (第12の実施の形態)

本実施の形態に係る光波長変換装置は、光導波路103と光導波路2116の光結合にレンズを用いず、端面を直接隣接させて結合を行う、いわゆる、butt coupling方式を用いていることである。それ以外は第11の実施の形態と同じである。

#### 【0076】

図16は本実施の形態に係る光波長変換装置を示す模式図である。本実施形態では、波長変換素子113として厚さ1mmのY cut KTP結晶を用い、Z方向に電界を印加することによって分極反転領域2115が形成されている。さらに、溶融したRbNO<sub>3</sub>中に結晶を浸してRbを拡散させることで光導波路2116が形成されている。結晶長は10mmとしてある。光導波路2116はX方向に平行に形成されており、分極反転の周期は和周波変換の位相整合条件を考慮して10μmとしている。光導波路2116の方向は有効非線形光学定数が最大となる（結晶中の最大の非線形光学定数成分を用いた波長変換が可能となる）ように選択されている。光導波路2116の断面積は約15μm<sup>2</sup>である。また、波長変換素子113の両端面には、波長808nmの光と1550nmの光の両方に対してほぼ無反射となるよう設計された多層膜が設けられている（図中不図示）。

10

#### 【0077】

導波路103と導波路2116とは数μm程度離して隣接配置されている。第1のレーザー光はTEモードで発振しており、光導波路2116中でTEモードで伝搬する。第2のレーザー光もTEモードで伝搬するように予め制御されている。

#### 【0078】

本実施形態は第11の実施の形態に係る光波長変換装置と比べて小型化が可能である。本実施形態において、波長変換素子としてY cutのKTP結晶を用いた例を示したが、これに限ったものではなく、例えば、Z cutのKTP結晶であってもよい。この場合、KTP結晶中の光導波路中でTMモードで導波させるのが望ましいのであれば、半導体レーザー中の活性層の層構成を工夫してTMモード光への利得を大きくしたり、共振器ミラーの反射率に偏光依存性を持たせたりしてTMモード光でレーザー発振するような構成にすればよい。

20

#### 【0079】

##### （第13の実施の形態）

本実施形態に係る光波長変換装置は、第12の実施の形態で説明したミラーを持たずに、波長変換素子の一方の端面に誘電体多層膜が構成されていることを特徴とする。それ以外は第12の実施の形態と同じである。

30

#### 【0080】

図17は本実施の形態に係る光波長変換装置を示す模式図である。誘電体多層膜2106が波長変換素子の一方の端面に直接成膜されている。この誘電体多層膜2106と第1の半導体レーザー端面に配置された誘電体多層膜2102とが対の反射面に相当する。本実施形態に係る光波長変換装置は、第12の実施の形態に係る光波長変換装置と比べて、さらに小型にすることができる。

#### 【0081】

##### （第14の実施の形態）

本実施形態に係る光波長変換装置は、第1の半導体レーザーと第2の半導体レーザーとの間の光結合にレンズを用いず、端面を直接隣接させて結合を行うbutt coupling方式を用いていることである。それ以外は第13の実施の形態と同じである。

40

#### 【0082】

図18は本実施の形態に係る光波長変換装置を示す模式図である。符号1801は第2の半導体レーザーであるDFB型レーザーである。また1803は第2の半導体レーザーに配置されている導波路を指す。導波路1803と導波路103とは数μm程度離れて隣接して配置されている。第2の半導体レーザーはTEモードで発振しており、導波路103及び導波路2116をTEモードで伝搬する。

#### 【0083】

本実施形態に係る光波長変換装置は、第13の実施の形態に係る光波長変換装置よりも、さらに小型化することができる。

50

## 【0084】

## (第15の実施の形態)

本実施形態に係る光波長変換装置は、第2半導体レーザからの光を光ファイバにて第1の半導体レーザへ導入することを特徴とする。それ以外は第14の実施の形態と同じである。

## 【0085】

図19は本実施の形態に係る光波長変換装置を示す模式図である。符号706は第2の半導体レーザ、707は光ファイバである。第2の半導体レーザ706はDFB型の半導体レーザであり、予め光ファイバ707と一体に実装されている。

## 【0086】

本実施形態に係る光波長変換装置は、外部共振器構造115から離れた位置に第2の半導体レーザを配置することができる。図19では集光レンズ2109を用いた様子が図示されているが、本実施形態では、その他に集光レンズ2109を除いて光ファイバ707の出射端を第1の半導体レーザ111に近接させて光結合を行ってもよい。また、光ファイバ707の出射端を球面加工した先端球ファイバを用いてもよい。

## 【0087】

## (第16の実施の形態)

本実施形態は、第1ないし第15の実施の形態に係る光波長変換装置を光源としたことを特徴とする画像投射型表示装置に係る。図20は本実施形態に係る画像投射装置を示す模式図である。符号801、802、803は光源、804は合波器、805は投射レンズ、806、807は光偏向器、808は被投射面、809は画素スポットを示す。

## 【0088】

光源801、802、803はそれぞれが異なる色の光を発する。異なる光とは、例えば赤、緑、青である。このような色が異なる光源を用いてフルカラーの画像表示装置を提供することができる。本発明の光波長変換装置は、このうちの緑の光源802として用いることができる。

## 【0089】

合波器804は、各光源801、802、803からの光を合波するための手段である。合波された光は合波器804を出て投射レンズ805を通過する。投射レンズ805を通過した光は、はじめに光偏向器806で反射し、次に別の光偏向器807で反射し、被投射面808へ投射される。合波された光は、被投影面809上の画素に相当する画像情報を有している。

## 【0090】

本実施形態において、光偏向器806は被投射面808の水平方向（走査方向）に光を偏向走査する手段である。より具体的には、共振運動する光偏向器であり、ガルバノミラーである。この光偏向器806は、例えばシリコン等の半導体を原料とし単結晶材料をホトリソグラフィ技術により微細加工された構造のものであることが、正確な共振運動が達成できるという点で好ましい。また、光偏向器806は、画像情報を有する光を一方向にのみ走査させる形態であったり、あるいは走査方向に対して往復する光のいずれにも画像情報を有した状態で走査させる形態でもよい。その場合、往復描画が可能となる。

## 【0091】

また、光偏向器807は水平走査する光を走査方向に対して垂直の方向に垂直走査させるための手段である。この光偏向器807により画像情報を有する光は被投射面808上で2次元的に投射されるので、被投射面808には2次元画像が表示される。光偏向器807は共振型であっても、そうでなくてもよい。というのは、走査方向の光偏向においては光偏向器が共振型である方が安定した高速動作を達成させる上で重要であるが、垂直走査の動作に関しては、共振型の光偏向器が達成することを求められるような高速動作を必ずしも要求されないからである。もちろん、光偏向器806、807ともに共振型の光偏向器であってもかまわない。

## 【0092】

10

20

30

40

50

さらに具体的に説明する。

光源802としての本発明の光波長変換装置である緑色の和周波光源装置において、波長805nmおよび1590nmの半導体レーザを入力波光源とし、周期分極反転構造と光導波路を形成したKTP結晶基板を波長変換素子とすることで、波長534nmの光を得ることができる。緑色出力光の最大100mWを得るため、波長805nmのレーザ出力は最大500mW、波長1590nmの半導体レーザ出力は最大100mWとしている。連続電流を第1の半導体レーザに流すことで、発振波長805nmのレーザ共振が外部共振器で発生する。第2の半導体レーザにパルス幅変調を施した変調電流を流すことで、発振波長1590nmでピーク出力100mWのレーザ光が得られる。

【0093】

10

第2の半導体レーザ光出力を第1の半導体レーザと波長変換素子との間に存在するビームスプリッタを用いて波長変換素子に導入することで、図4に図示するような、第2の半導体レーザの光パルス波形に追従する和周波光出力の時間波形を得ることができる。パルス幅に変調が加わって各画素の緑色強度制御を行うことができる。図20に示す投射型の画像表示装置がSVGA画像(800×600画素)でフレームレート60Hzとすると、クロック周期には大よそ35nsecが要求される。クロック周期内で十分なパルス幅変調を得るためには、1nsec程度あるいはそれ以下の応答特性が要求されるが、本実施形態によれば十分な光強度と高速応答性が同時に可能となる。

【0094】

次に、青色の光源装置については、第1の半導体レーザとして発振波長600nm台のInGaAlP系半導体レーザを、第2の半導体レーザとして発振波長1500nm台のInGaAsP系半導体レーザを用いて、和周波光出力を得る。青色の出力光強度は、最大80mWで、緑色の場合と同様に高速の応答特性を得ることができる。青色光源に関しては、InGaN系半導体レーザを用い、波長440nmから460nm程度のレーザ光出力を直接得ても良い。

20

【0095】

次に、赤色光源に関しては、InGaAlP系半導体レーザで直接635nmの光が得られる。出力光強度は、最大で100mWである。そのような条件で、上記した青、緑、赤、3色の光源801、802、803からの出力光を誘電体多層膜による合波器804で合波して、投射レンズ805を通して、Si基板を加工して作製したマイクロ共振ミラーからなる光偏向器806、807へ入射させる。マイクロ共振ミラーは水平方向、垂直方向の2方向に使用してもよいし、または、水平方向のみに使って、低速で構わない垂直方向に関しては、マイクロモーターでガルバノミラーを振動させる構造のものでよい。被投射面808へ、レーザ光を画素スポット809として投射し、各画素スポットの各色ごとにその画素階調に依りてレーザ光のパルス幅を制御する。

30

【0096】

各色の光源装置から出射した光は、光偏向器を含めた走査・投射光学系で損失を受ける。さらに、スクリーン最外部での光偏向器の非線形走査部分を除去したりするので、画像表示装置全体で25%から50%の光利用効率になる。例えば、光利用効率50%の場合、各レーザの光強度で、スクリーン上に投射されるのは、緑色、赤色で最大50mW、青色で最大40mWとなる。各色の中心波長および出力光強度は、全部を点灯した場合、標準光源D<sub>65</sub>の白色となるように設定されている。

40

【0097】

(第17の実施の形態)

本実施の形態は、第1ないし第15の実施の形態のいずれかに係る光波長変換装置を光源としたことを特徴とする電子写真方式の画像形成装置に係る。

【0098】

図21は本実施形態に係る画像形成装置を示す模式図である。符号810は本発明の光波長変換装置、811はコリメートレンズ、812は光偏向器、813は走査レンズ、814は被投射面である。光波長変換装置810を出た光は、コリメートレンズ811を通過し、光偏向器812へ投射される。光偏向器812は本図ではポリゴンミラーである。光

50



偏向器 812 は回転することゝ、入射した光を走直方向へ偏向走直することができる。光偏向器 812 で反射した光（偏向光）は、走直レンズ 813 を通過する。走直レンズ 813 を通過した光は、画像形成面 814 に投射されるが、画像形成面 814 の等間隔の画素位置に対応するように画像情報を有した状態で投射される。画像形成面は、例えば光照射により静電潜像を得ることができる感光体等である。

【0099】

感光体を画像形成面としてそこに静電潜像を得ることができれば、不図示の転写装置等により静電潜像から実像を例えば紙上に形成することができる。このような構成はレーザービームプリンタや複写機に適用することができる。

【0100】

なお、本実施形態の光偏向器としてポリゴンミラーに替わって、例えば共振型の光偏向器、具体的にはガルバノミラーを用いてもよい。共振型の光偏向器による走直は、第16の実施形態に記載されている光偏向器の動作に準じる。

【図面の簡単な説明】

【0101】

【図1】本発明の第1の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図2】本発明の第2の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図3】本発明の実施形態の動作原理を説明する模式図である。

【図4】本発明の実施形態の動作原理を説明する模式図である。

【図5】本発明の実施形態の波長変換素子の模式図である。

【図6】本発明の実施形態の他の波長変換素子の模式図である。

【図7】本発明の第3の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図8】本発明の第4の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図9】本発明の第5の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図10】本発明の第6の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図11】本発明の第7の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図12】本発明の第8の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図13】本発明の第9の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図14】本発明の第10の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図15】本発明の第11の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図16】本発明の第12の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図17】本発明の第13の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図18】本発明の第14の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図19】本発明の第15の実施形態の光波長変換装置の模式図である。

【図20】本発明の第16の実施形態の光波長変換装置を有する画像投射型表示装置の模式図である。

【図21】本発明の第17の実施形態の光波長変換装置を有する電子写真方式の画像形成装置の模式図である。

【図22】従来の光波長変換装置の模式的な構成図である。

【符号の説明】

【0102】

111、701、1001 第1の半導体レーザ

112 第1のレーザ光

113 非線形光学材料

115 外部共振器

117、706、902、1801 第2の半導体レーザ

118 第2のレーザ光

119 和周波光

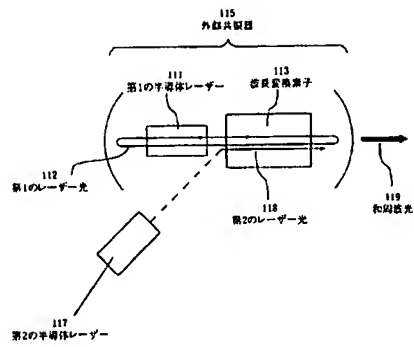
10

20

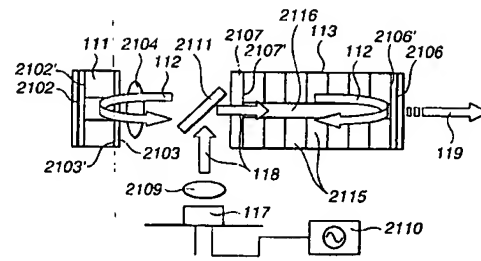
30

40

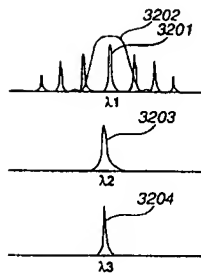
【図 1】



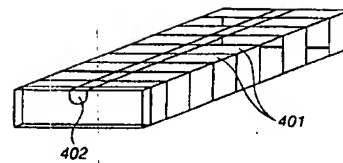
【図 2】



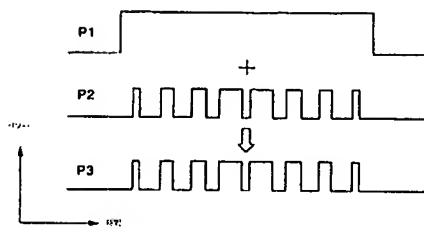
【図 3】



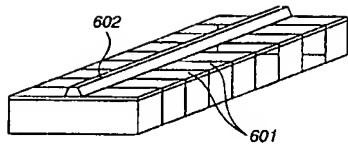
【図 5】



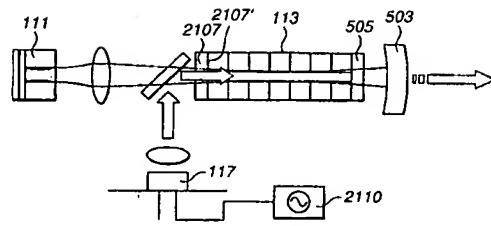
【図 4】



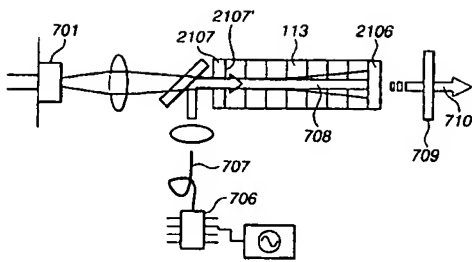
【図 6】



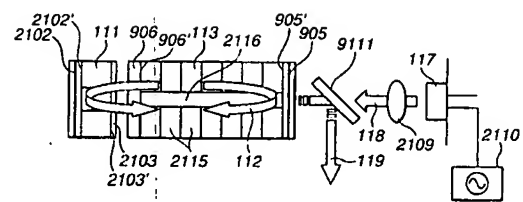
【図 7】



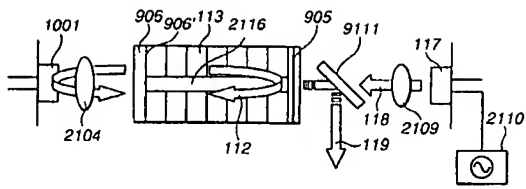
【図 8】



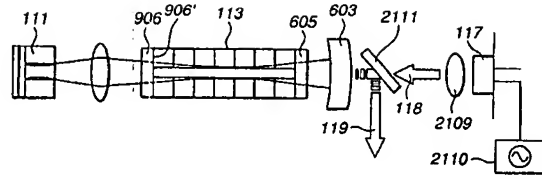
【図 9】



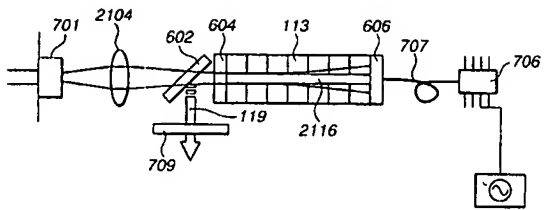
【図10】



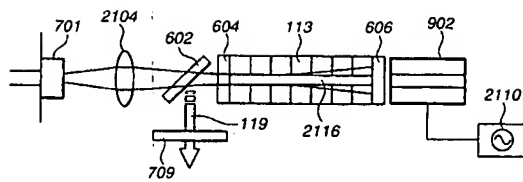
【図11】



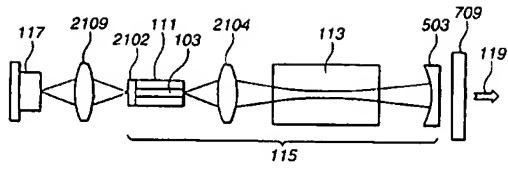
【図12】



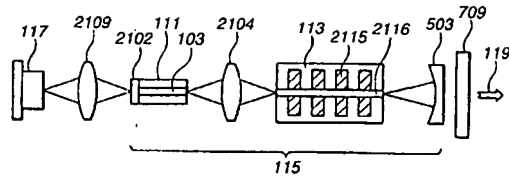
【図13】



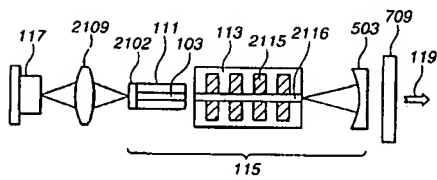
【図 14】



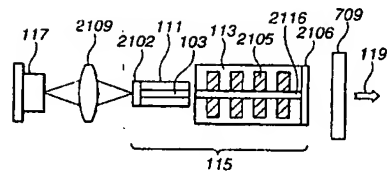
【図 15】



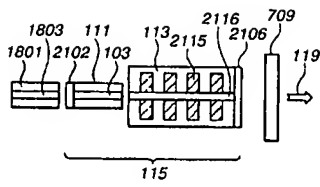
【図 16】



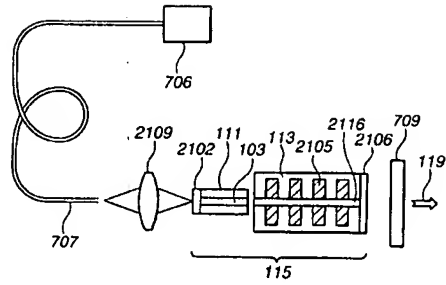
【図 17】



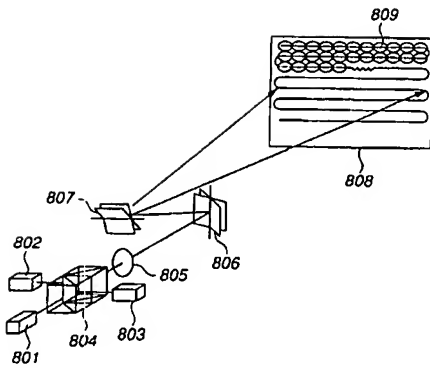
【図 18】



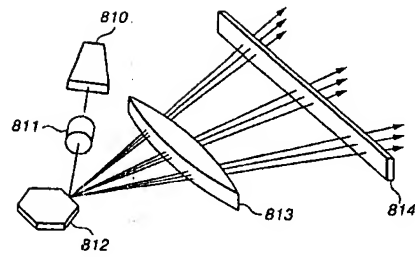
【図 19】



【図 20】



【図 21】



【図 22】

